

# BREVET D'INVENTION

FR00/1852

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **26 AOUT 1999**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

### DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

#### SIEGE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30





# BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITE

Code de la propriété intellectuelle-Livre VI



N° 55-1328

## NOTIFICATION DU NUMÉRO D'ENREGISTREMENT NATIONAL

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir en lettres capitales

DB 540c W/170299

DATE DE REMISE DES PIÈCES ~ 7 JUL. 1999  
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL  
DÉPARTEMENT DE DÉPÔT MA 9909039  
DATE DE DÉPÔT 07 JUL. 1999

### 1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

BP Chemicals S.N.C.  
Sce Propriété Industrielle Attn : D. LASSALLE  
BP N° 6  
13117 Lavéra

n° du pouvoir permanent 06/07/1990  
références du correspondant 9228/B368  
téléphone 0442427294

### 2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention ☐ demande divisionnaire  
☐ certificat d'utilité ☐ transformation d'une demande de brevet européen

demande initiale

☐ brevet d'invention ☐ certificat d'utilité n°

date

### Établissement du rapport de recherche

☐ différé ☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance ☐ oui ☒ non

### Titre de l'invention (200 caractères maximum)

PROCEDE ET DISPOSITIF DE VAPOCRAQUAGE D'HYDROCARBURES

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN 3.5.1.6.7.0.8.2.3 code APE-NAF 2.4.1.G

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

BP CHEMICALS

NAPHTACHIMIE

Forme juridique

S.N.C

S.A.

Nationalité (s) FRANCAISES

### Adresse (s) complète (s)

8, rue des Gémeaux  
Cergy Saint Christophe  
95866 CERGY PONTOISE Cedex

Pays  
FRANCE

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs ☐ oui ☒ non En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐ Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES ☐ requise pour la 1ère fois ☐ requise antérieurement au dépôt ; joindre copie de la décision d'admission

### 6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine numéro date de dépôt nature de la demande

7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° date n° date

### 8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire)

Jouanol

### SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

[Signature]

### SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

[Signature]



La présente invention se rapporte à un procédé de vapocraquage d'hydrocarbures pour fabriquer notamment des oléfines.

Il est connu qu'un procédé de vapocraquage consiste à faire passer dans un tube ou un serpentin placé dans un four un mélange d'hydrocarbures et de  
5 vapeur d'eau. Portés à haute température, par exemple de 700 à 900°C, les hydrocarbures sont craqués pour donner notamment des oléfines et des alcanes légers tels que le méthane. On comprend aisément qu'il n'est pas possible de porter instantanément les hydrocarbures à craquer à la température de réaction désirée et que celle-ci évolue progressivement le long du tube selon un profil plus ou moins rapide, à  
10 travers notamment des zones de préchauffage.

Un four de vapocraquage utilise habituellement comme source calorifique la chaleur rayonnante délivrée par des brûleurs, tels que des brûleurs à gaz ou à huile. Les brûleurs sont souvent disposés sur le plancher et/ou sur les murs du four, et délimitent une zone de haute température dans le four, encore appelée zone de  
15 radiation du four. Immédiatement au-dessus de cette zone, se trouve une zone de convection par où s'échappent les gaz chauds de combustion de la zone de radiation, et qui généralement sert à préchauffer le mélange d'hydrocarbures à craquer, encore appelé la charge à craquer. Ainsi, le mélange est habituellement préchauffé jusqu'à environ 500°C dans la zone de convection d'un four, puis entre dans la zone de  
20 radiation du four où elle atteint la température de réaction, notamment entre 700 et 900°C.

Un tel procédé consiste donc à opérer l'intégralité du programme thermique depuis la phase de préchauffage jusqu'à celle du craquage proprement dit dans un seul et même four de chauffage, utilisant comme source calorifique la chaleur  
25 rayonnante de brûleurs. Le four qui doit être capable de résister aux températures les

---

plus élevées mises en jeu par le procédé, suppose aussi être un appareil de grande dimension, avec tous les inconvénients évidents liés à la taille.

Le procédé de vapocraquage réclame aussi un contrôle précis du chauffage dans la zone réactionnelle, c'est-à-dire la zone de haute température. Avec  
5 les fours exploitant comme source calorifique la chaleur rayonnante délivrée par des brûleurs, le contrôle de la température ne peut être qu'indirect et donc imprécis, dans la mesure où l'intégralité de l'espace intérieur du four est chauffée par cette chaleur rayonnante.

Le brevet américain n° 4,912,282 décrit un procédé et un dispositif de  
10 vapocraquage d'hydrocarbures utilisant un four de craquage chauffé en brûlant un combustible à l'aide d'un comburant comprenant un mélange d'air et de gaz d'échappement d'une turbine à gaz faisant partie d'un dispositif de cogénération. La turbine à gaz est accouplée à un générateur électrique dont le courant produit sert à alimenter des compresseurs et pompes électriques. L'air de combustion ainsi  
15 préchauffé dans ce procédé permet d'accroître la température de combustion et l'efficacité de la zone de radiation (dite de haute température) du four de craquage et par conséquent de réduire la consommation en combustible. Cependant le contrôle de la température dans la zone de radiation du four de craquage reste imprécise, et la taille du four très grande.  
20 Par ailleurs, les nuisances dans l'environnement dues aux rejets atmosphériques d'oxydes d'azote avec les gaz de combustion du four de craquage restent élevées.

La demande de brevet japonais n° 9-235 564 répond en partie aux problèmes posés précédemment. En effet, elle propose un procédé de craquage thermique d'hydrocarbures dans lequel la charge est préchauffée au moyen de la  
25 chaleur de combustion d'un four de préchauffage muni de brûleurs classiques, puis est soumise à un craquage thermique dans une zone de haute température grâce à un chauffage par induction.

Cependant, ce procédé n'est pas viable économiquement en raison du coût important lié à la consommation électrique du chauffage par induction pour  
30 atteindre les hautes températures désirées de craquage. En outre, ce procédé met en

---

oeuvre un four de préchauffage classique muni de brûleurs, avec tous les inconvénients cités précédemment pour ce type d'appareil et notamment liés aux problèmes de l'environnement tels que des rejets atmosphériques d'oxydes d'azote avec les gaz de combustion d'un tel four.

5

La présente invention concerne un procédé de vapocraquage d'hydrocarbures qui permet d'éviter ou de réduire très notablement les inconvénients cités ci-dessus. En particulier, l'invention porte sur un procédé de vapocraquage d'hydrocarbures consistant à chauffer un mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau à une température désirée et suffisamment élevée pour craquer les hydrocarbures et les transformer en oléfines, procédé caractérisé en ce que la source énergétique nécessaire au chauffage du mélange est fournie essentiellement par une cogénération produisant par combustion à partir d'un combustible simultanément de l'énergie thermique et de l'énergie mécanique transformée en électricité par un alternateur ou un générateur électrique, et en ce que le mélange d'hydrocarbures et de vapeur est soumis à un préchauffage grâce à l'énergie thermique fournie par la cogénération, et ensuite est chauffé à la température désirée de craquage au moyen d'un chauffage électrique à l'aide de l'électricité fournie par la cogénération.

20

La Figure 1 représente schématiquement un dispositif pour mettre en oeuvre le procédé de la présente invention.

25

Le procédé de vapocraquage de la présente invention est particulièrement avantageux, lorsque la cogénération met en oeuvre un combustible choisi parmi l'un au moins des hydrocarbures craqués (issus du craquage), en particulier un ou plusieurs alcanes gazeux par exemple de  $C_1$  à  $C_4$ , de préférence le méthane. Le combustible est dans ce cas de préférence un combustible hydrocarboné gazeux.

30

La cogénération permet, par combustion à partir d'un combustible de préférence gazeux, de produire simultanément de la chaleur et de l'énergie mécanique.

---

L'énergie mécanique, produite par exemple par un moteur thermique ou un moteur à gaz, ou de préférence par une turbine à gaz, est utilisée généralement pour entraîner au moins un alternateur produisant de l'électricité. En récupérant l'énergie thermique perdue d'ordinaire lors de la production d'énergie mécanique, la cogénération fournit  
5 ainsi chaleur et énergie mécanique qui peuvent être réutilisées.

La cogénération ainsi utilisée dans la présente invention permet avantageusement une maîtrise et une gestion de la production d'électricité d'une façon autonome et adaptée aux besoins spécifiques du chauffage électrique, en choisissant par exemple la puissance et/ou la fréquence du courant électrique appropriée(s) pour  
10 atteindre les hautes températures de craquage désirées. En outre, la cogénération utilisant de préférence un combustible gazeux, tel que le gaz naturel ou de préférence un ou plusieurs hydrocarbures issus du craquage, par exemple des alcanes de C1 à C4, en particulier le méthane, a l'avantage d'apporter non seulement une économie d'énergie substantielle, mais aussi une solution aux préoccupations de lutte contre la  
15 pollution atmosphérique, notamment en minimisant les rejets atmosphériques d'oxydes d'azote avec les gaz de combustion.

Le procédé de la présente invention présente un énorme potentiel lié au contrôle précis du profil de température dans la zone de chauffage électrique où les hydrocarbures sont craqués. Il permet une plus grande flexibilité sur le choix du profil  
20 de température permettant d'optimiser le craquage des hydrocarbures.

Le procédé de la présente invention présente avantageusement une simplification de mise en oeuvre beaucoup plus grande que celle des anciens procédés de vapocraquage connus jusqu'alors. Il a aussi l'énorme avantage d'être viable économiquement.

25 Une cogénération par turbine à gaz comprend généralement (a) une compression d'air frais ou comburant (contenant de l'oxygène) jusqu'à une pression par exemple de 1,5 à 2,5 MPa, selon la puissance électrique désirée, ensuite (b) l'introduction de l'air ou du comburant ainsi comprimé en mélange avec le combustible, de préférence gazeux, dans une chambre de combustion pour réaliser une  
30 combustion, puis (c) après combustion une détente des gaz chauds de combustion dans

---



une turbine couplée généralement à au moins un générateur ou alternateur produisant un courant électrique, et (d) une récupération des gaz chauds de combustion comme source calorifique. Une partie de l'énergie mécanique produite peut être utilisée pour comprimer initialement l'air ou le comburant, par exemple en entraînant un

5 turbocompresseur d'air.

Dans le procédé de la présente invention, la température des gaz chauds de combustion émis par la cogénération (après détente) peut aller de 400 à 570°C, de préférence de 470 à 550°C. Cette énergie thermique est utilisée directement dans le préchauffage du mélange à craquer. Ainsi les gaz chauds de combustion

10 échangent leur chaleur avec le mélange à craquer qui peut par exemple s'écouler à contre-courant desdits gaz chauds en traversant une ou plusieurs zones de préchauffage et s'échauffer par exemple jusqu'à une température de 500°C environ.

Les gaz chauds de combustion sortant de la cogénération peuvent être relativement riches en oxygène, et contenir par exemple de 10 à 18%, de préférence de

15 12 à 17% en volume d'oxygène. Il est possible d'utiliser une partie de cet oxygène contenu dans les gaz chauds de combustion comme comburant, et de réaliser ainsi une post-combustion et accroître l'énergie thermique utilisée pour le préchauffage du mélange à craquer. En pratique, on peut réaliser une post-combustion directement à la sortie de la cogénération et avant le préchauffage du mélange à craquer. Dans ce cas,

20 les gaz chauds de combustion sortant de la cogénération sont introduits dans une chambre de post-combustion, et un combustible différent ou de préférence identique à celui utilisé dans la cogénération est ajouté et mis en contact avec ces gaz chauds. Par simple mise en contact avec les gaz chauds de combustion de la cogénération, le combustible ajouté brûle dans la chambre de post-combustion. Ainsi la post-

25 combustion émet des gaz d'échappement extrêmement chauds et produit l'accroissement d'énergie thermique souhaité.

La température atteinte par les gaz d'échappement de la post-combustion peut aller de 500 à 1100°C, de préférence de 550 à 800°C, par exemple à 700°C. Ces gaz peuvent alors être directement utilisés pour préchauffer le mélange à

30 craquer. Dans ce cas, ils échangent leur chaleur avec le mélange à craquer qui s'écoule

par exemple à contre-courant de ces gaz d'échappement en traversant successivement une ou plusieurs zones de préchauffage et de surchauffe. En outre, on peut éventuellement échanger la chaleur de ces gaz d'échappement simultanément avec de l'eau ou de la vapeur d'eau dans une ou plusieurs chaudières pour produire de l'eau chaude ou de la vapeur à basse ou moyenne pression (par exemple de 0,1 à 12 MPa) et accroître le rendement énergétique du procédé. La vapeur ainsi produite peut être utilisée sur place comme source d'énergie dans le procédé de vapocraquage et en particulier dans les étapes de séparation, de fractionnement et de purification des oléfines et alcanes légers produits.

10 Lors de la post-combustion, l'oxygène contenu dans les gaz chauds de la cogénération est en partie consommé, de sorte que la teneur en oxygène des gaz d'échappement de la post-combustion peut être égale à une valeur de 1 à 10%, de préférence de 1 à 5% en volume. La température des gaz d'échappement de la post-combustion après échange thermique avec le mélange à craquer est substantiellement  
15 diminuée et peut être égale à une valeur allant de 120 à 300°C, de préférence 150 à 250°C.

Le mélange d'hydrocarbures à craquer et de vapeur d'eau peut ainsi être préchauffé en traversant une ou plusieurs zones de préchauffage et éventuellement de surchauffe, essentiellement par convection dans des échangeurs thermiques avec les  
20 gaz chauds de combustion émis par la cogénération ou de préférence avec les gaz d'échappement d'une post-combustion telle que décrite précédemment. La température du mélange après préchauffage peut atteindre 400 à 600°C, de préférence 450 à 550°C.

On peut par exemple utiliser un dispositif de cogénération constitué  
25 par une turbine à gaz de type Frame 9 ® de la société Général Electric pouvant produire une puissance électrique de 120 MWatt. La puissance thermique qui peut être produite en aval de ce dispositif, est de 130 MWatt, et peut être accrue jusqu'à 150MWatt si une post-combustion telle que décrite précédemment est mise en oeuvre. Dans ce cas, ce dispositif de cogénération est capable énergétiquement de faire

fonctionner des fours de vapocraquage d'une capacité totale de 300 000 tonnes par an d'éthylène.

Le mélange préchauffé est ensuite chauffé à la température de craquage au moyen d'un chauffage électrique alimenté avec l'électricité fournie par la cogénération. L'un des avantages de la présente invention est de pouvoir adapter à  
5 volonté le courant électrique fourni in situ sur place par la cogénération, et en particulier la puissance électrique et/ou la fréquence du courant électrique aux besoins spécifiques du chauffage électrique, et atteindre ainsi la température de craquage désirée et également un profil déterminé de croissance de température jusqu'à la  
10 température maximale de craquage désirée.

Le mode de chauffage électrique utilisé pour atteindre la température de craquage désirée peut être un chauffage par induction ou un chauffage par effet Joule, par exemple par tube à passage de courant.

Dans le cas d'un chauffage par induction, le mélange à craquer peut  
15 être chauffé dans un four de chauffage par induction. Ce dernier peut comprendre plusieurs tubes de chauffage par induction mutuellement raccordés en parallèle. Dans ces tubes circule le mélange préchauffé d'hydrocarbures et de vapeur d'eau qui est soumis à un craquage thermique susceptible de former des oléfines, et ceci dans une plage dite de haute température obtenue grâce à ce four par induction. Les tubes de  
20 chauffage par induction peuvent être isolés dans une enceinte fermée et étanche. Chaque tube de chauffage par induction comporte un tube (ou tube de craquage) dans lequel circule le mélange préchauffé d'hydrocarbures et de vapeur d'eau, et une bobine inductrice enroulée autour du tube. Un calorifuge peut être disposé entre le tube et la bobine, et un autre calorifuge disposé au-dessus de la bobine, comme couverture  
25 externe. La bobine peut être réalisée par un enroulement d'un fil de cuivre. Entre les extrémités de la bobine, peut être connecté un générateur ou alternateur par exemple de haute fréquence, destiné à alimenter la bobine en courant électrique par exemple de haute fréquence. Le générateur ou alternateur peut être celui faisant partie de la cogénération et qui fournit précisément le courant électrique nécessaire au chauffage  
30 par induction. Le générateur ou l'alternateur peut aussi être raccordé à un adaptateur

---

de fréquence et de puissance délivrant un courant électrique susceptible de chauffer par induction le ou les tubes où on réalise la réaction de vapocraquage.

On préfère mettre en oeuvre un chauffage par induction de haute fréquence (HF), en particulier des fréquences allant de 3 à 30 MHz, par exemple 13 et  
5 27 MHz. Le chauffage par induction ne se limite pas à l'induction HF: on peut aussi utiliser des fréquences intermédiaires allant de 1 kHz à 3 MHz, par exemple 2000 Hz, ou une fréquence d'induction commerciale allant de 50 à 1000Hz, par exemple 50 et 60 Hz.

On peut par exemple utiliser le chauffage par induction et en  
10 particulier le dispositif de chauffage et les tubes de chauffage HF décrits dans la demande de brevet japonais n° 9-235 564.

Dans le cas d'un chauffage par effet Joule, le mélange à craquer peut être chauffé dans un ou plusieurs tubes à passage de courant, en appliquant une tension électrique aux extrémité desdits tubes transportant le mélange. Le dispositif de  
15 chauffage par tube à passage de courant comprend un ou plusieurs tubes dans lesquels circule le mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau, lesdits tubes étant fabriqués à partir de matériaux conducteurs, par exemple un acier inoxydable, et lesdits tubes étant raccordés à un générateur de tension. Le ou les tubes remplissent ainsi trois fonctions: de transport, de résistance électrique et de surface d'échange de chaleur. La tension  
20 électrique appliquée au(x) tube(s) à passage de courant peut être générée par un transformateur basse tension, ou très basse tension, alimenté par le générateur ou l'alternateur faisant partie de la cogénération.

On préfère mettre en oeuvre un chauffage par tube à passage de courant utilisant une tension inférieure à 50 Volts, ce qui permet d'assurer la sécurité  
25 des personnes. Un modulateur de puissance peut avantageusement être utilisé pour contrôler la température du mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau.

On peut aussi utiliser un tube à passage de courant vibrant. Dans ce cas, le tube à passage de courant est soumis à une vibration transversale, notamment à une fréquence proche d'une fréquence propre du tube. Ceci à l'avantage de réduire le

---

dépôt de coke sur la paroi interne du tube à passage de courant, comme décrit dans le brevet européen n° 0 519 050.

On peut par exemple utiliser un tube à passage de courant tel que vendu par les sociétés Etirex (France), Parmilleux (France) ou Vulcanic (France).

5 On peut aussi utiliser un tube à passage de courant associé à un dispositif permettant en même temps un chauffage par induction.

Selon un mode préférentiel de la présente invention, on peut appliquer des ondes ultrasoniques au mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau pendant le craquage, tel que cela est décrit dans le brevet américain n° 3,819,740. On peut utiliser  
10 un générateur d'ondes ultrasoniques alimenté par l'électricité fournie par la cogénération. La fréquence des ondes ultrasoniques appliquées au mélange à craquer dans le dispositif de chauffage électrique peut être de 1 à 800 kHz, par exemple 10 ou 20 kHz. Il a été observé que l'application des ondes ultrasoniques pour le vapocraquage du mélange d'hydrocarbures permet d'éviter ou de réduire le cokage  
15 interne des tubes de craquage et par ailleurs d'améliorer la sélectivité de la réaction de vapocraquage.

Le mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau est soumis à une température de craquage qui peut commencer généralement à une température d'entrée du dispositif de chauffage électrique allant de 400 à 700°C, de préférence de  
20 450 à 660°C, et qui peut finir généralement à une température maximale de sortie dudit dispositif allant de 700 à 900°C, de préférence de 760 à 850°C. Entre l'entrée et la sortie du dispositif de chauffage électrique, la température de craquage peut augmenter le long des tubes de craquage selon un profil continu ou discontinu tel que décrit dans les brevets européens n° 0 252 355 et n° 0 252 356. Le temps de séjour moyen du  
25 mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau entre l'entrée et la sortie du dispositif de chauffage électrique peut aller de 300 à 1800 millisecondes. Le volume réactionnel peut être constant ou variable tout au long des tubes de craquage entre l'entrée et la sortie du dispositif de chauffage électrique, comme décrit dans les deux brevets européens cités précédemment.

La présente invention se rapporte également à un dispositif de vapocraquage d'hydrocarbures comprenant :

- i) un dispositif de cogénération comprenant une turbine à gaz (1) raccordée à une ligne de fourniture en air ou en comburant (2), à une ligne d'alimentation en combustible (3) et à au moins une ligne d'évacuation (9) des gaz chauds de combustion émis par la turbine à gaz (1), elle-même couplée à au moins un alternateur ou générateur électrique (4) branché à au moins une ligne électrique (8),
- ii) au moins une chambre de préchauffage (14) d'un mélange d'hydrocarbures à craquer et de vapeur d'eau, raccordée à l'une au moins des lignes d'évacuation (9) des gaz chauds de combustion et traversée par au moins une ligne de transport et d'échange thermique (12) dudit mélange,
- iii) au moins un dispositif de chauffage électrique connecté à l'une au moins des lignes électriques (8), ledit dispositif étant raccordé à l'une au moins des lignes de transport et d'échange thermique (12) sortant de la chambre (14) et à au moins une ligne de soutirage (16) des hydrocarbures craqués en (6), et
- iv) au moins une zone de séparation et de purification (17) des hydrocarbures craqués, raccordée à l'une au moins des lignes de soutirage (16).

Selon un aspect de la présente invention, le dispositif de chauffage électrique comprend au moins un tube de chauffage par induction (6), par exemple avec une bobine inductrice (15) enroulée autour dudit tube et connectée à l'une au moins des lignes électriques (8).

Selon un autre aspect de la présente invention, le dispositif de chauffage électrique est un dispositif de chauffage par effet Joule, par exemple un chauffage par tubes à passage de courant qui comprend par exemple un ou plusieurs tubes raccordés à leurs extrémités à au moins un transformateur qui est lui même connecté à l'une au moins des lignes électriques (8). Le dispositif de chauffage par tubes à passage de courant peut être en particulier l'un de ceux décrit précédemment.

Selon un mode préférentiel, le dispositif de vapocraquage peut en outre comprendre au moins une chambre de post-combustion (10) disposée sur l'une au moins des lignes d'évacuation (9) des gaz de combustion de la turbine à gaz (1) et

alimentée par une ligne d'alimentation en combustible, de préférence identique à celle décrite précédemment en (3) dans l'alimentation de la turbine à gaz ou en dérivation de celle-ci. La ligne d'alimentation en combustible peut comprendre à son extrémité située dans la chambre de post-combustion (10) un ou plusieurs brûleurs (11).

5                    La chambre de post-combustion (10) peut être directement reliée à l'une au moins des chambres de préchauffage (14) du mélange à craquer, de sorte qu'en particulier les gaz d'échappement de la chambre (10) pénètrent directement dans l'une au moins des chambres de préchauffage (14).

10                    La chambre de post-combustion (10) peut aussi être indirectement reliée à l'une au moins des chambres de préchauffage (14) en étant d'abord reliée directement à au moins une chambre de surchauffe (13) du mélange à craquer, préchauffé en (14). Dans ce cas, la chambre de surchauffe (13) est traversée par l'une au moins des lignes de transport et d'échange thermique (12) sortant de l'une des chambres de préchauffage (14) à laquelle ladite chambre de surchauffe (13) est de  
15                    préférence directement raccordée. Ainsi, les gaz d'échappement de la chambre de post-combustion (10) traversent d'abord l'une au moins des chambres de surchauffe (13), puis l'une au moins des chambres de préchauffage (14), de sorte que ces gaz peuvent échanger leur chaleur avec le mélange à craquer circulant à l'intérieur de l'une au moins des lignes de transport et d'échange (12).

20                    Selon un autre mode préférentiel, le dispositif de vapocraquage qui comprend au moins une zone de séparation et de purification (17) des hydrocarbures craqués en (6), peut comprendre au moins une ligne de soutirage (19) d'au moins un hydrocarbure léger issu de la réaction de vapocraquage, tel qu'un alcane de C1 à C4, en particulier le méthane. De la ligne de soutirage (19) part, par exemple en dérivation, au  
25                    moins une ligne de récupération (5) d'hydrocarbure(s) craqué(s) qui est raccordée à l'une au moins des lignes d'alimentation en combustible (3) reliée à la turbine à gaz (1) et/ou éventuellement à l'une au moins des chambres de post-combustion (10) décrites précédemment.

30                    Dans le cas où le chauffage électrique est un chauffage par induction, l'alternateur ou le générateur électrique (4) peut être raccordé à un adaptateur de

---

fréquence et de puissance délivrant un courant électrique susceptible de chauffer par induction le tube (6) où on réalise la réaction de vapocraquage. On peut aussi utiliser un alternateur de haute fréquence (HF), en particulier d'une fréquence telle que décrite précédemment pour le chauffage du four par induction.

5                    Dans le cas où le chauffage électrique est un chauffage par tube à passage de courant, l'alternateur ou le générateur électrique (4) peut être raccordé à un transformateur basse tension, voir très basse tension.

Le dispositif de vapocraquage peut aussi comprendre un réseau de récupération de vapeur basse ou moyenne pression (par exemple de 5 à 10 MPa) grâce  
10 à une ligne d'alimentation en eau traversant l'une au moins des chambres de préchauffage (14) de façon à préchauffer l'eau et à créer de la vapeur par échange thermique avec les gaz de combustion traversant la ou lesdites chambres. Ceci peut aussi se faire en récupérant de l'énergie thermique par échange de chaleur entre l'eau ainsi préchauffée précédemment et les hydrocarbures craqués sortant du dispositif de  
15 chauffage électrique par la ou les lignes de soutirage (16). On peut ensuite séparer l'eau de la vapeur et récupérer cette dernière dans une ligne de vapeur. La vapeur peut ensuite être chauffée et même surchauffée par échange thermique entre la vapeur et les gaz de combustion traversant l'une au moins des chambres de préchauffage (14), et de préférence entre la vapeur et les gaz d'échappement de l'une au moins des chambres de  
20 post-combustion (10) traversant l'une au moins des chambres de surchauffe (13). Dans ce cas, la ligne de vapeur traverse l'une au moins des chambres de préchauffage (14) et/ou de préférence de surchauffe (13) de façon à former de la vapeur basse ou moyenne pression.

25                    A titre d'illustration, la Figure 1 représente schématiquement un dispositif pouvant être mis en oeuvre dans le procédé de la présente invention.

Le dispositif de cogénération comprend une turbine à gaz (1) couplée à un alternateur (4). La turbine à gaz est alimentée par une ligne de fourniture d'air ou de comburant (2) et par une ligne d'alimentation en combustible de préférence gazeux  
30 (3). La cogénération produit grâce à l'alternateur (4) un courant électrique par

---



l'intermédiaire d'une ligne électrique (8). Les gaz chauds de combustion s'échappent de la turbine à gaz (1) par une ligne d'évacuation (9). Cette dernière alimente une chambre de post-combustion (10) comprenant des brûleurs (11) eux-mêmes alimentés par une ligne d'alimentation en combustible (3) dérivée de celle (3) alimentant en

5 combustible la turbine à gaz (1). Les gaz chauds d'échappement de la chambre de post-combustion (10) vont traverser successivement une chambre de surchauffe (13) et une chambre de préchauffage (14) et échanger leur chaleur avec le mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau circulant dans une ligne de transport et d'échange thermique (12) traversant successivement les chambres de préchauffage (14) et de

10 surchauffe (13). La ligne de transport et d'échange thermique (12) vient alimenter plusieurs tubes de chauffage par induction (6) disposés en parallèle et dont un seul est représenté dans la Figure 1. Le tube de chauffage par induction comprend un tube de craquage dans lequel circule le mélange à craquer, et une bobine inductrice (15) alimentée par la ligne électrique (8) provenant de l'alternateur (4). Le tube de

15 chauffage par induction se trouve être isolé dans une enceinte (7). Le mélange d'hydrocarbures craqués dans le tube (6) sort de ce dernier par une ligne de soutirage (16), et après une ou plusieurs trempes (non représentées dans la Figure 1) est soumis à des fractionnements, séparations et purifications dans une zone (17), notamment par compressions et distillations. De cette zone on isole d'une part des oléfines, telles que

20 l'éthylène et le propylène par une ou plusieurs lignes de soutirage (18), et d'autre part des alcanes légers, par exemple de  $C_1$  en  $C_4$ , de préférence le méthane, par au moins une ligne de soutirage (19). De cette dernière part une ligne de récupération(5) d'hydrocarbure(s) craqué(s) servant à alimenter en combustible la turbine à gaz (1) et/ou éventuellement la chambre de post-combustion (10) par l'intermédiaire de l'une

25 des lignes d'alimentation (3).

Le combustible gazeux alimentant la turbine à gaz (1) par exemple par la ligne d'alimentation (3) est de préférence sous une pression absolue minimale de 1,5 à 2,0 MPa, par exemple sous une pression absolue allant de 1,5 à 5,0 MPa, de préférence de 2,0 à 4,0 MPa. Le combustible gazeux alimentant la chambre de post-

30 combustion (10) par exemple par la ligne d'alimentation (3) peut être sous une

pression inférieure à celle du combustible alimentant la turbine à gaz (1), par exemple une pression absolue de 0,2 à 1,0 MPa, de préférence de 0,2 à 0,6 MPa.

---

**REVENDICATIONS**

- 5 1. Procédé de vapocraquage d'hydrocarbures consistant à chauffer un mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau à une température désirée et suffisamment élevée pour craquer les hydrocarbures et les transformer en oléfines, procédé caractérisé en ce que la source énergétique nécessaire au chauffage du mélange est fournie essentiellement par une cogénération produisant par combustion à partir d'un
- 10 combustible simultanément de l'énergie thermique et de l'énergie mécanique transformée en électricité par un alternateur ou générateur électrique, et en ce que le mélange d'hydrocarbures et de vapeur est soumis à un préchauffage grâce à l'énergie thermique fournie par la cogénération, et ensuite est chauffé à la température désirée de craquage au moyen d'un chauffage électrique à l'aide de l'électricité fournie par la
- 15 cogénération.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la cogénération met en oeuvre un combustible choisi parmi l'un au moins des hydrocarbures craqués, de préférence un ou plusieurs alcanes de C1 à C4.
- 20 3. Procédé selon la revendications 1, caractérisé en ce que le combustible est un combustible hydrocarboné gazeux, de préférence comprenant un ou plusieurs alcanes gazeux.
- 25 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'énergie mécanique est produite par un moteur thermique, ou un moteur à gaz, ou de préférence une turbine à gaz.
-

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la cogénération produit de l'énergie thermique sous forme de gaz chauds de combustion dont la température est de 400 à 570°C, de préférence de 470 à 550°C.

5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la cogénération produit de l'énergie thermique sous forme de gaz chauds de combustion dont on utilise une partie de l'oxygène comme comburant pour réaliser une post-combustion et accroître l'énergie thermique utilisée pour le préchauffage du mélange à craquer.

10

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la post-combustion fournit des gaz d'échappement ayant une température de 500 à 1100°C, de préférence de 550 à 800°C.

15 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'on échange la chaleur des gaz d'échappement simultanément avec de l'eau ou de la vapeur d'eau dans une ou plusieurs chaudières pour produire de la vapeur à basse ou moyenne pression.

20 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le mode de chauffage électrique est un chauffage par induction.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'on met en oeuvre un chauffage par induction de haute fréquence (HF).

25

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications de 1 à 8, caractérisé en ce que le mode de chauffage électrique est un chauffage par effet Joule.

---

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le chauffage par effet Joule est réalisé à l'aide d'un tube à passage de courant dans lequel circule le mélange à craquer.

5 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'on applique des ondes ultrasoniques au mélange d'hydrocarbures et de vapeur d'eau pendant le craquage.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'on utilise un  
10 générateur d'ondes ultrasoniques alimenté par l'électricité fournie par la cogénération.

15. Dispositif de vapocraquage d'hydrocarbures comprenant :

- 15 i) un dispositif de cogénération comprenant une turbine à gaz (1) raccordée à une ligne de fourniture en air ou en comburant (2), à une ligne d'alimentation en combustible (3) et à au moins une ligne d'évacuation (9) des gaz chauds de combustion émis par la turbine à gaz (1), elle-même couplée à au moins un alternateur ou générateur électrique (4) branché à au moins une ligne électrique (8),
- 20 ii) au moins une chambre de préchauffage (14) d'un mélange d'hydrocarbures à craquer et de vapeur d'eau, raccordée à l'une au moins des lignes d'évacuation (9) des gaz chauds de combustion et traversée par au moins une ligne de transport et d'échange thermique (12) dudit mélange,
- 25 iii) au moins un dispositif de chauffage électrique connecté à l'une au moins des lignes électriques (8), ledit dispositif étant raccordé à l'une au moins des lignes de transport et d'échange thermique (12) sortant de la chambre (14) et à au moins une ligne de soutirage (16) des hydrocarbures craqués en (6), et
- iv) au moins une zone de séparation et de purification (17) des hydrocarbures craqués, raccordée à l'une au moins des lignes de soutirage (16).

16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que le dispositif  
30 de chauffage électrique comprend au moins un tube de chauffage par induction.

17. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que le dispositif de chauffage électrique est un dispositif de chauffage par effet Joule.

5 18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que le dispositif de chauffage par effet Joule comprend un ou plusieurs tubes à passage de courant.

19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une chambre de post-combustion (10)  
10 disposée sur l'une au moins des lignes d'évacuation (9) des gaz de combustion de la turbine à gaz (1) et alimentée par une ligne d'alimentation en combustible.

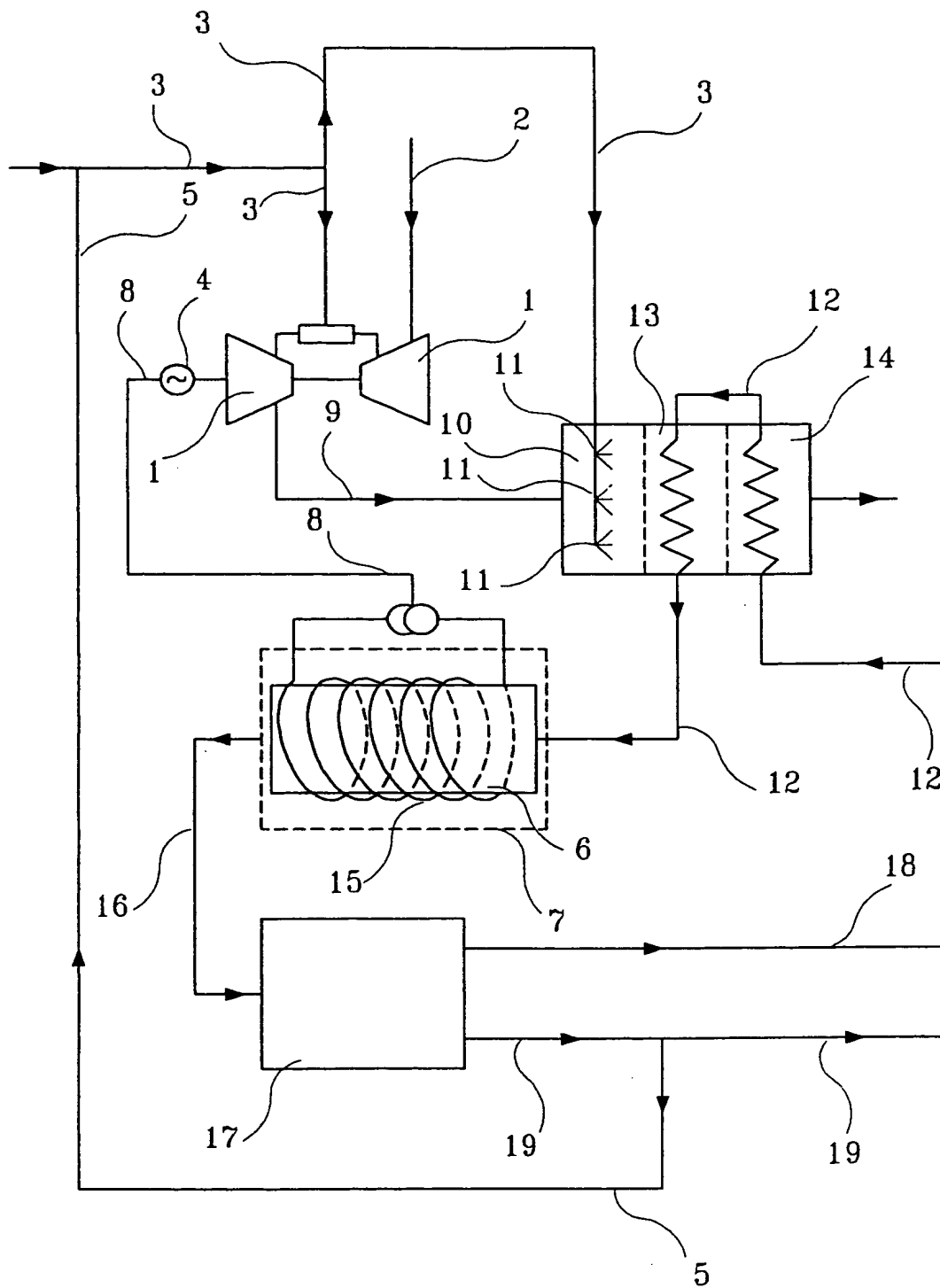


FIGURE 1

2000-01-01  
2000-01-01  
2000-01-01



# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

WO 01/04236  
PCT/FR00/01852  
U 013762-9

vy  
msf -> CLT  
PCT

## AVIS INFORMANT LE DEPOSANT DE LA COMMUNICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE AUX OFFICES DESIGNES

(règle 47.1.c), première phrase, du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

HERARD, Paul  
Cabinet Beau de Loménie  
232, avenue du Prado  
F-13295 Marseille Cedex 8  
FRANCE

25 JAN. 2001

Date d'expédition (jour/mois/année) 18 janvier 2001 (18.01.01)		AVIS IMPORTANT	
Référence du dossier du déposant ou du mandataire H 13851 C10			
Demande internationale no PCT/FR00/01852	Date du dépôt international (jour/mois/année) 30 juin 2000 (30.06.00)	Date de priorité (jour/mois/année) 07 juillet 1999 (07.07.99)	
Déposant NAPHTACHIMIE SA etc			

1. Il est notifié par la présente qu'à la date indiquée ci-dessus comme date d'expédition de cet avis, le Bureau international a communiqué, comme le prévoit l'article 20, la demande internationale aux offices désignés suivants:  
AG,AU,BZ,DZ,KP,KR,MZ,US

Conformément à la règle 47.1.c), troisième phrase, ces offices acceptent le présent avis comme preuve déterminante du fait que la communication de la demande internationale a bien eu lieu à la date d'expédition indiquée plus haut, et le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale à l'office ou aux offices désignés.

2. Les offices désignés suivants ont renoncé à l'exigence selon laquelle cette communication doit être effectuée à cette date:  
AE,AL,AM,AP,AT,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,CA,CH,CN,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,EA,EE,EP,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,NO,NZ,OA,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZW  
La communication sera effectuée seulement sur demande de ces offices. De plus, le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale aux offices en question (règle 49.1)a-bis)).

3. Le présent avis est accompagné d'une copie de la demande internationale publiée par le Bureau international le 18 janvier 2001 (18.01.01) sous le numéro WO 01/04236

### RAPPEL CONCERNANT LE CHAPITRE II (article 31.2)a) et règle 54.2)

Si le déposant souhaite reporter l'ouverture de la phase nationale jusqu'à 30 mois (ou plus pour ce qui concerne certains offices) à compter de la date de priorité, la demande d'examen préliminaire international doit être présentée à l'administration compétente chargée de l'examen préliminaire international avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité.

Il appartient exclusivement au déposant de veiller au respect du délai de 19 mois.

Il est à noter que seul un déposant qui est ressortissant d'un Etat contractant du PCT lié par le chapitre II ou qui y a son domicile peut présenter une demande d'examen préliminaire international.

### RAPPEL CONCERNANT L'OUVERTURE DE LA PHASE NATIONALE (article 22 ou 39.1))

Si le déposant souhaite que la demande internationale procède en phase nationale, il doit, dans le délai de 20 mois ou de 30 mois, ou plus pour ce qui concerne certains offices, accomplir les actes mentionnés dans ces dispositions auprès de chaque office désigné ou élu.

Pour d'autres informations importantes concernant les délais et les actes à accomplir pour l'ouverture de la phase nationale, voir l'annexe du formulaire PCT/IB/301 (Notification de la réception de l'exemplaire original) et le volume II du Guide du déposant du PCT.

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse	Fonctionnaire autorisé J. Zahra
no de télécopieur (41-22) 740.14.35	no de téléphone (41-22) 338.83.38

